

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-284794

(43) Date of publication of application : 23.10.1998

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 09-083691

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 02.04.1997

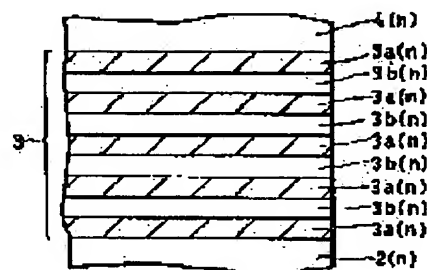
(72)Inventor : HIRATA SHOJI

**(54) SEMICONDUCTOR LASER**

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enhance uniformity of a quantum-well width and provide a semiconductor laser having good characteristics by a method, wherein a surface roughness of an active layer having a quantum-well structure is reduced.

**SOLUTION:** This laser is constructed so as to comprise a multiple quantum well (MQW) active layer using an n-type GaAs substrate having a main face off from (001) face as a substrate, as a SCH (separate confinement heterostructure) structure. In this case, there is provided a roughness restoration layer 3 which does not absorb lights from the MQW active layer between the n-type GaAs substrate and the MQW active layer, specifically between an n-type AlGaInP clad layer 2 and an n-type AlGaInP optical waveguide layer 4. The roughness restoration layer 3 is constructed of a multilayered film, having a super-lattice structure which is laminated alternately with an n-type GaInP layer 3a and an n-type AlGaInP layer 3b. In this case, a thickness of the n-type GaInP layer 3a is set at 3 nm, and a thickness of the n-type AlGaInP layer 3b is set 3 nm. The n-type GaInP layer 3a and the n-type AlGaInP layer 3b are laminated alternately, so that the n-type GaInP layers 3a formed a 5 n-type



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-284794

(43) 公開日 平成10年(1998)10月23日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 S 3/18

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-83691

(22) 出願日 平成9年(1997)4月2日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 平田 照二

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

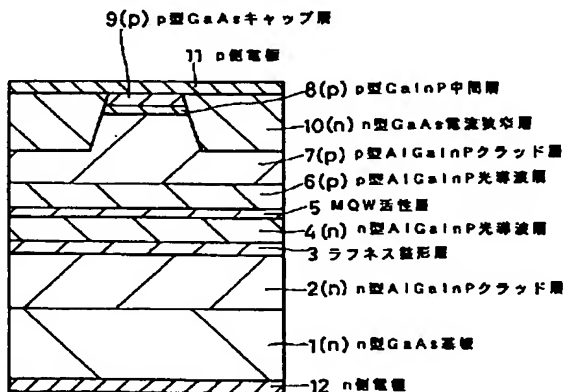
(74) 代理人 弁理士 杉浦 正知

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ

(57) 【要約】

【課題】 量子井戸構造を有する活性層の表面ラフネスを低減することにより量子井戸幅の均一性の向上を図り、特性の良好な半導体レーザを提供する。

【解決手段】 基板として(001)面からオフした主面を有するn型GaAs基板1を用い、MQW活性層5を有するSCH構造の半導体レーザにおいて、n型GaAs基板1とMQW活性層5との間、具体的には、n型AlGaInPクラッド層2とn型AlGaInP光導波層4との間に、MQW活性層5からの光を吸収しないラフネス整形層3を設ける。ラフネス整形層3をn型GaInP層3aとn型AlGaInP層3bとが交互に積層された超格子構造を有する多層膜により構成する。この場合、n型GaInP層3aの厚さを3nm、n型AlGaInP層3bの厚さを3nmとし、n型GaInP層3aが5層となるようにn型GaInP層3aとn型AlGaInP層3bとを交互に積層する。



(2)

特開平10-284794

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板と、

上記半導体基板上の第1導電型の第1のクラッド層と、  
上記第1のクラッド層上の量子井戸構造を有する活性層と、

上記活性層上の第2導電型の第2のクラッド層とを有する半導体レーザにおいて、

上記半導体基板と上記活性層との間に上記活性層からの光を吸収しないラフネス整形層が少なくとも一層設けられていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 上記ラフネス整形層は少なくとも2つ以上のヘテロ界面を有する多層膜からなることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項3】 上記ラフネス整形層は、互いに組成の異なる第1の半導体層および第2の半導体層が交互に積層された超格子構造を有することを特徴とする請求項2記載の半導体レーザ。

【請求項4】 上記第1の半導体層の厚さは1nm以上10nm以下であることを特徴とする請求項3記載の半導体レーザ。

【請求項5】 上記第2の半導体層の厚さは1nm以上10nm以下であることを特徴とする請求項3記載の半導体レーザ。

【請求項6】 上記ラフネス整形層は上記第1のクラッド層中に設けられていることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項7】 上記第1のクラッド層と上記活性層との間に第1導電型の第1の光導波層を有するとともに、上記活性層と上記第2のクラッド層との間に第2導電型の第2の光導波層を有し、上記ラフネス整形層は上記第1のクラッド層と上記第1の光導波層との間に設けられていることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項8】 上記第1のクラッド層と上記活性層との間に第1導電型の第1の光導波層を有するとともに、上記活性層と上記第2のクラッド層との間に第2導電型の第2の光導波層を有し、上記ラフネス整形層は上記第1の光導波層中に設けられていることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項9】 上記活性層は多重量子井戸構造を有することを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項10】 上記半導体基板は、(001)面から[110]方向に5°以上15°以下の角度だけオフした主面を有することを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項11】 上記半導体レーザはAlGaInP系の半導体レーザであることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項12】 上記半導体レーザはAlGaAs系の半導体レーザであることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項13】 上記半導体レーザはIII-V族化合物半導体からなる半導体レーザであることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項14】 上記半導体レーザは窒化物系III-V族化合物半導体からなる半導体レーザであることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は半導体レーザに関し、特に、量子井戸構造の活性層を有する半導体レーザに適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】AlGaInP系の半導体レーザは、赤色発光の可視光半導体レーザとして注目されている。近年、このAlGaInP系の半導体レーザにおいては、しきい値電流の低減などの目的で、活性層を多重量子井戸(MQW)構造とすることが多く行われている。さらに、このMQW構造を有する活性層(以下、「MQW活性層」ともいう。)に加えて、いわゆるオフ基板を用いることにより、発光波長の短波長化を図ったAlGaInP系の半導体レーザが得られている。

【0003】このようなMQW活性層とオフ基板とを用いた従来のAlGaInP系の半導体レーザの一例を図6に示す。この半導体レーザは、SCH(Separate Confinement Heterostructure)構造を有するものである。

【0004】図6に示すように、この従来のAlGaInP系の半導体レーザにおいては、(001)面からオフした主面を有するn型GaAs基板101上に、n型AlGaInPクラッド層102、n型AlGaInP光導波層103、MQW活性層104、p型AlGaInP光導波層105、p型AlGaInPクラッド層106、p型GaInP中間層107およびp型GaAsキャップ層108が順次積層されている。

【0005】p型AlGaInPクラッド層106の上層部、p型GaInP中間層107およびp型GaAsキャップ層108は、一方向に延びる所定幅のリッジストライプ形状にパターニングされている。このリッジストライプ部の両側の部分にはn型GaAs電流狭窄層109が埋め込まれ、これによって電流狭窄構造が形成されている。

【0006】p型GaAsキャップ層108およびn型GaAs電流狭窄層109の上には、例えばTi/Pt/Au電極のようなp側電極110が設けられている。一方、n型GaAs基板101の裏面には、例えばAuGe/Ni/Au電極のようなn側電極111が設けられている。

【0007】この場合、n型AlGaInPクラッド層102およびp型AlGaInPクラッド層106は、例えば(Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Pからなり、n型AlGaInP光導波層103およびp型AlGa

(3)

特開平10-284794

InP光導波層105は、例えば( $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}$ ) $\text{In}_{0.1}\text{P}_{0.9}$ からなる。また、MQW活性層104の量子井戸層はGaInPからなり、障壁層は( $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}$ ) $\text{In}_{0.1}\text{P}_{0.9}$ からなる。また、GaInPからなる量子井戸層の数は、5~10程度に選ばれる。

【0008】上述の従来のAlGaInP系の半導体レーザにおいては、活性層をMQW構造とすることにより、しきい値電流の低減が図られているが、このためには、MQW活性層104の量子井戸層の厚さが均一であることが重要である。一方、MQW活性層を有する半導体レーザでは、その量子井戸層の厚さが益々小さくなる傾向にある。例えば、AlGaAs系の半導体レーザでは、量子井戸層の厚さが7~10nm程度であったものが、AlGaInP系の半導体レーザでは、量子井戸層の厚さが5nm以下になっている。したがって、AlGaInP系の半導体レーザでは、厚さの小さい量子井戸層を均一な厚さで実現する必要がある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述の従来のAlGaInP系の半導体レーザでは、n型GaAs基板101としてオフ基板が用いられ、発光波長の短波長化が図られているが、この際、n型GaAs基板101として、オフ角度(ここでは(001)面から[110]方向への傾斜角度をいう。)が5~10°程度のものが主に用いられる。

【0010】しかしながら、オフ角度が5~10°程度のn型GaAs基板101を用いた場合、半導体レーザを構成する半導体層の表面が平坦にならず、MQW活性層104の量子井戸層の厚さに周期的な揺らぎを伴うという問題がある。これは、n型GaAs基板101が上述のようなオフ角度を有することから、成長中にステップバンチングの影響により生じるものと解釈される。したがって、MQW活性層104の量子井戸層を小さくする必要があるAlGaInP系の半導体レーザでは、n型GaAs基板101としてオフ基板を用いた場合、MQW活性層104の量子井戸層の厚さを均一にすることが困難であった。

【0011】また、半導体レーザを構成する半導体層を結晶成長することにより作製される半導体レーザでは、通常、半導体層の表面の粗さ(ラフネス、roughness)を厳密になくすることは困難である。これは、基板としてオフ基板が用いられるか否かに関わらず、(001)面を主面とする基板を用いた場合であっても同様である。この表面ラフネスは、半導体層を原子層エピタキシー(Atomic Layer Epitaxy, ALE)やマイグレーション・エンハンスト・エピタキシー(Migration Enhanced Epitaxy, MEE)の手法で成長させることにより低減することが可能であるが、Al、In、Pなど表面マイグレーション効果が小さい材料からなるAlGaInP系の半導体レーザでは、表面ラフネスの低減効果が

薄れてくる。このため、AlGaInP系の半導体レーザでは、レーザ構造を構成する半導体層の表面ラフネスをなくすることが難しいことがわかる。

【0012】さて、上述の従来の半導体レーザにおいて、ステップバンチングによる揺らぎに、表面ラフネスが重なると、MQW活性層104の量子井戸層の厚さの周期的な揺らぎがランダムさを増してくる。図7は、図6に示す従来のAlGaInP系の半導体レーザを透過型電子顕微鏡(TEM)を用いて観察したときの様子を模式的に示す略線図である。図4において、符号104a、104bは、それぞれ、MQW活性層104を構成するGaInPからなる量子井戸層(GaInP量子井戸層)およびAlGaInPからなる障壁層(AlGaInP障壁層)を示す。図7において、MQW活性層104は、GaInP量子井戸層104aの厚さが3nm、AlGaInP障壁層104bの厚さが6nmに設計されたものであり、GaInP量子井戸層104aは8層である。

【0013】図7に示すように、ステップバンチングの影響に表面ラフネスが重なった結果、MQW活性層104のGaInP量子井戸層104aの厚さ揺らぎの程度が大きくなり、GaInP量子井戸層104aの厚さが不均一になるという不都合を生じる。

【0014】このように、MQW活性層104のGaInP量子井戸層104aの厚さの揺らぎが大きくなり、厚さが不均一になると、発光スペクトルが広がり、しきい値電流の上昇を引き起こす。また、レーザ光の縦モードが単一モードになりにくくなるため、半導体レーザの信頼性が低下するという問題を生じる。

【0015】したがって、この発明の目的は、量子井戸構造を有する活性層の表面ラフネスを低減することにより量子井戸幅の均一性の向上を図り、特性の良好な半導体レーザを提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明者は鋭意検討を行った。以下にその概要を示す。すなわち、上述の従来のMQW構造の活性層を有するAlGaInP系の半導体レーザにおいては、基板としてオフ基板を用いることにより、ステップバンチングに起因する量子井戸層の厚さの周期的な揺らぎに表面ラフネスが付加され、量子井戸層の厚さが不均一になっていたが、本発明者は、その不均一の度合いを活性層の下層部と上層部とで比較した場合、下層部の方が量子井戸幅の不均一の度合いが大きくなっていることを見いだした。具体的に図7を参照して説明する。なお、図7においては、図中下方から上方に向かって結晶成長が進んでいる。

【0017】図7に示すように、MQW活性層104の最下層の(n型AlGaInP光導波層103上の)GaInP量子井戸層104aは、揺らぎの程度が大き

(4)

特開平10-284794

く、これに伴って厚さの不均一の度合いも大きくなっているのに対して、最下層から数えて2層目にあたるGaInP量子井戸層104aは、最下層のGaInP量子井戸層104aに比べて揺らぎの程度が減少している。そして、最下層から数えて3層目のGaInP量子井戸層104aよりも上層にいくにつれ、次第に揺らぎが減少し、厚さの不均一の度合いが小さくなっていることがわかる。

【0018】本発明者は、この原因について、MQW活性層104では、GaInP量子井戸層104aとAlGaInP障壁層104bとが順次積層されることにより、もとより存在した表面ラフネスが整形、改善された結果、MQW活性層104の上層部では、量子井戸層の厚さの不均一の度合いが小さくなっているのではないかと考えた。

【0019】すなわち、MQW活性層104のように、互いに異なる組成の半導体層が交互に積層され、2つ以上のヘテロ界面が存在する構造を有する多層膜は、表面ラフネスを整形する効果を有すると考えられる。また、この表面ラフネスの整形効果は、互いに異なる組成の半導体層が交互に積層されることにより発揮されるもので、その積層構造に超格子構造のような周期性がなくても、同様な表面ラフネスの整形効果は得られると予想される。

【0020】したがって、半導体レーザの心臓部である活性層の表面ラフネスを改善するためには、基板と活性層との間に、上述のような表面ラフネスの整形効果を有する多層膜（ラフネス整形層）を設けることが極めて有効であるとの結論に至った。この場合、活性層において、表面ラフネスの整形効果を十分に得るためには、ラフネス整形層を活性層の近傍に設けることが望ましい。

【0021】この発明は、以上の検討に基づいて案出されたものである。

【0022】すなわち、この発明は、半導体基板と、半導体基板上の第1導電型の第1のクラッド層と、第1のクラッド層上の量子井戸構造を有する活性層と、活性層上の第2導電型の第2のクラッド層とを有する半導体レーザにおいて、半導体基板と活性層との間に活性層からの光を吸収しないラフネス整形層が設けられていることを特徴とするものである。

【0023】この発明の典型的な実施形態において、ラフネス整形層は、少なくとも2つ以上のヘテロ界面を有する多層膜からなる。具体的には、この多層膜は、互いに組成の異なる第1の半導体層および第2の半導体層が交互に積層された超格子構造を有するものである。

【0024】この発明の典型的な他の実施形態において、活性層は多重量子井戸構造を有し、半導体基板は(001)面から[110]方向に5°以上15°以下オフした主面を有する傾斜基板である。

【0025】上述のように構成されたこの発明によれば、半導体基板と活性層との間にラフネス整形層が設けられているので、このラフネス整形層の表面ラフネス整形効果により、活性層の表面ラフネスを低減することができる。半導体基板として傾斜基板を用いた場合には、活性層の量子井戸層の厚さの揺らぎをステップバンチングにより生じる周期的な揺らぎだけにすることができ、このため、量子井戸構造を有する活性層において、量子井戸層の厚さの均一性の向上を図ることができる。これにより、発光スペクトルの広がりを抑制することができる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、実施形態の全図において、同一または対応する部分には同一の符号を付す。

【0027】図1は、この発明の一実施形態によるAlGaInP系の半導体レーザを示す断面図である。この半導体レーザは、SCH構造を有するものである。

【0028】図1に示すように、この半導体レーザにおいては、例えばn型GaAs基板1が基板として用いられる。この場合、このn型GaAs基板1は、(001)面から[110]方向に5°以上15°以下の角度、例えば5°だけオフした主面を有する傾斜基板である。

【0029】このn型GaAs基板1上に、例えば、n型AlGaInPクラッド層2、後述する超格子構造を有するラフネス整形層3、n型AlGaInP光導波層4、MQW活性層5、p型AlGaInP光導波層6、p型AlGaInPクラッド層7、p型GaInP中間層8およびp型GaAsキャップ層9が順次積層されている。

【0030】ここで、n型AlGaInPクラッド層2およびn型AlGaInP光導波層4の界面に、超格子構造からなるラフネス整形層3が挿入されていることが特徴的である。後述のように、このラフネス整形層3は、これより上層の半導体層、特に、MQW活性層5のヘテロ界面の表面ラフネスを抑制するためのものである。

【0031】p型AlGaInPクラッド層7の上層部、p型GaInP中間層8およびp型GaAsキャップ層9は、一方方向に延びる所定幅のリッジストライプ形状にパターンニングされている。このリッジストライプ部の両側の部分におけるp型AlGaInPクラッド層7上には、n型GaAs電流狭窄層10が設けられ、これにより、電流狭窄構造が形成されている。

【0032】p型GaAsキャップ層9およびn型GaAs電流狭窄層10上には、例えばTi/Pt/Au電極のようなp側電極11が設けられている。一方、n型GaAs基板1の裏面には、例えばAuGe/Ni/Au電極のようなn側電極12が設けられている。

(5)

特開平10-284794

【0033】この場合、 $n$ 型 $\text{AlGaInP}$ クラッド層2および $p$ 型 $\text{AlGaInP}$ クラッド層7は、例えば $(\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x)_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ からなり、 $n$ 型 $\text{AlGaInP}$ 光導波層4および $p$ 型 $\text{AlGaInP}$ 光導波層6は、例えば $(\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x)_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 層からなる。

【0034】また、MQW活性層5の量子井戸層は $\text{GaInP}$ からなり、障壁層は $(\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x)_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ からなる。ここで、MQW活性層5の $\text{GaInP}$ からなる量子井戸層は、例えば $+0.2\% \sim +0.5\%$ 程度の歪量を有する。また、この場合、 $\text{GaInP}$ からなる量子井戸層の厚さは、例えば $5\text{nm}$ 、 $(\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x)_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ からなる障壁層の厚さは、例えば $6\text{nm}$ に選ばれ、 $\text{GaInP}$ からなる量子井戸層の数は、例えば $5 \sim 10$ 程度に選ばれる。

【0035】ここで、この半導体レーザを構成する各半導体層の厚さの一例を挙げると、 $n$ 型 $\text{AlGaInP}$ クラッド層2および $p$ 型 $\text{AlGaInP}$ クラッド層7は、それぞれ $1000\text{nm}$ 、 $n$ 型 $\text{AlGaInP}$ 光導波層4および $p$ 型 $\text{AlGaInP}$ 光導波層6は、それぞれ $50\text{nm}$ である。

【0036】この半導体レーザにおいて、 $n$ 型 $\text{AlGaInP}$ クラッド層2と $n$ 型 $\text{AlGaInP}$ 光導波層4との間に設けられたラフネス整形層3は、以下のように構成される。図2は、この半導体レーザにおけるラフネス整形層3の微細構造を示す断面図である。

【0037】図2に示すように、このラフネス整形層3は、互いに組成の異なる、例えば、 $n$ 型 $\text{GaInP}$ 層3aと $n$ 型 $\text{AlGaInP}$ 層3bとが交互に積層された $\text{GaInP}/\text{AlGaInP}$ 超格子構造を有する。

【0038】ここで、このラフネス整形層3は、MQW活性層5からの光を吸収しないように、 $n$ 型 $\text{GaInP}$ 層3aのバンドギャップが、MQW活性層5の $\text{GaInP}$ からなる量子井戸層のバンドギャップよりも大きくされる。具体的には、この場合、MQW活性層5の $\text{GaInP}$ からなる量子井戸層が $+0.2\% \sim +0.5\%$ 程度の歪量を有するため、ラフネス整形層3の $n$ 型 $\text{GaInP}$ 層3aには、例えば $-0.5\%$ 程度の歪みが入れられる。なお、MQW活性層5の $\text{GaInP}$ からなる量子井戸層にマイナスの歪量を有する場合には、ラフネス整形層3の $n$ 型 $\text{GaInP}$ 層3aに、それよりも大きいマイナスの歪みが入れられる。

【0039】また、 $n$ 型 $\text{AlGaInP}$ 層3bは、例えば、 $n$ 型 $\text{AlGaInP}$ クラッド層2または $n$ 型 $\text{AlGaInP}$ 光導波層4と同等、あるいは、両者の中間の $\text{Al}$ 組成を有する $\text{AlGaInP}$ からなる。具体的には、この場合、 $n$ 型 $\text{AlGaInP}$ 層3bは、 $(\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x)_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ からなる。また、この場合、 $n$ 型 $\text{GaInP}$ 層3aが $-0.5\%$ の歪量を有するので、この $n$ 型 $\text{AlGaInP}$ 層3bに所定のプラスの歪みを

与えることで、歪み補償を行うようする。

【0040】ここで、 $n$ 型 $\text{GaInP}$ 層3aの厚さは、例えば $1\text{nm}$ 以上 $10\text{nm}$ 以下に選ばれ、 $n$ 型 $\text{AlGaInP}$ 層3bの厚さは、例えば $1\text{nm}$ 以上 $10\text{nm}$ 以下に選ばれる。一例を挙げると、 $n$ 型 $\text{GaInP}$ 層3aおよび $n$ 型 $\text{AlGaInP}$ 層3bの厚さは、それぞれ $3\text{nm}$ であり。また、このラフネス整形層3は、 $n$ 型 $\text{GaInP}$ 層3aと $n$ 型 $\text{AlGaInP}$ 層3bとが交互に積層され、少なくとも2つ以上のヘテロ界面を有する。この場合、例えば、 $n$ 型 $\text{GaInP}$ 層3aが5層となるように、 $n$ 型 $\text{GaInP}$ 層3aと $n$ 型 $\text{AlGaInP}$ 層3bとを交互に積層する。

【0041】次に、この半導体レーザの製造方法について説明する。図3～図5は、この半導体レーザの製造方法を説明するための断面図である。

【0042】この半導体レーザを製造するためには、半導体レーザを構成する半導体層をMOCVD法により形成する。この際、III-V族化合物半導体の原料としては、トリメチルアルミニウム(TMA)、トリメチルガリウム(TMg)、トリメチルインジウム(TMI)、アルシン( $\text{AsH}_3$ )、フォスフィン( $\text{PH}_3$ )を用い、ドナー不純物としては例えばSiやSe、アクセプタ不純物としては例えばZnを用いる。

【0043】まず、図3に示すように、 $(001)$ 面から $[110]$ 方向に $5^\circ$ オフした主面を有する $n$ 型GaAs基板1上に、 $n$ 型 $\text{AlGaInP}$ クラッド層2、 $n$ 型 $\text{GaInP}$ 層3と $n$ 型 $\text{AlGaInP}$ 層3とが交互に積層された超格子構造を有するラフネス整形層3、 $n$ 型 $\text{AlGaInP}$ 光導波層4、 $\text{GaInP}$ からなる量子井戸層と $\text{AlGaInP}$ からなる障壁層とにより構成されるMQW活性層5、 $p$ 型 $\text{AlGaInP}$ 光導波層6、 $p$ 型 $\text{AlGaInP}$ クラッド層7、 $p$ 型 $\text{GaInP}$ 中間層8および $p$ 型GaAsキャップ層9を、MOCVD法により順次成長させる。

【0044】次に、図4に示すように、 $p$ 型GaAsキャップ層9の全面に例えばCVD法により $\text{SiO}_2$ 膜や $\text{SiN}$ 膜を形成した後、これをエッチングによりパターンニングして所定幅のストライプ形状のマスク13を形成する。次に、このマスク13をエッチングマスクとして用いて、ウェットエッチング法により $p$ 型 $\text{AlGaInP}$ クラッド層7の厚さ方向の途中の深さまでエッチングする。これによって、 $p$ 型 $\text{AlGaInP}$ クラッド層7の上層部、 $p$ 型 $\text{GaInP}$ 中間層8および $p$ 型GaAsキャップ層9が、一方向に延びる所定幅のリッジストライプ形状にパターンニングされる。

【0045】次に、図5に示すように、エッチングマスクとして用いたマスク13を成長マスクとして用いて、 $p$ 型 $\text{AlGaInP}$ クラッド層7上に、 $n$ 型GaAs電流狭窄層10を例えばMOCVD法により成長させる。

【0046】次に、マスク13をエッチング除去した

(6)

特開平10-284794

後、図1に示すように、p型GaAsキャップ層9およびn型電流狭窄層10の全面にp側電極11を形成するとともに、n型GaAs基板1の裏面にn側電極12を形成する。以上により、目的とする半導体レーザが製造される。

【0047】上述のように構成されたこのAlGaInP系の半導体レーザによれば、n型AlGaInPクラッド層2とn型AlGaInP光導波層4との間に、n型GaInP3aとn型AlGaInP層3bとが交互に積層された超格子構造を有するラフネス整形層3が設けられているので、このラフネス整形層3の表面ラフネスの整形効果により、MQW活性層5のGaInPからなる量子井戸層やAlGaInPからなる障壁層の表面ラフネスが低減される。したがって、MQW活性層5の量子井戸層の厚さの揺らぎを、n型GaAs基板1としてオフ角度が5°のオフ基板を用いたことによるステップバンチングの影響で生じる、どうしても避けられない揺らぎだけにすることができる。このため、MQW活性層5の量子井戸層の厚さの均一性を向上させることができる。

【0048】そして、このように、MQW活性層5の量子井戸層の厚さの均一性が向上するので、発光スペクトルの広がりを抑制することができる。これにより、しきい値電流の低減、微分効率の向上を図ることができるとともに、レーザ光の縦モードを容易に単一モードにすることができるので、半導体レーザの信頼性の向上を図ることができる。

【0049】以上この発明の実施形態について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。例えば、実施形態において挙げた数値、材料、構造などはあくまで例にすぎず、これに限定されるものではない。具体的には、例えば、上述の一実施形態において挙げた、ラフネス整形層3のn型GaInP層3aおよびn型AlGaInP層3bの厚さや積層構造は一例であり、これと異なる厚さや積層構造であってもよい。具体的には、例えば、n型GaInP層3aおよびn型AlGaInP層3bの厚さを、それぞれ1nmとし、n型GaInP層3aが10層となるように、n型GaInP層3aおよびn型AlGaInP層3bを交互に積層してもよい。

【0050】また、例えば、上述の一実施形態において、ラフネス整形層3は、n型AlGaInPクラッド層2とn型AlGaInP光導波層4との界面に設けられているが、これは、n型AlGaInP光導波層4中に設けるようにしてもよい。また、ラフネス整形層3は複数設けてもよい。具体的には、例えば、n型AlGaInPクラッド層2とn型AlGaInP光導波層4との間にラフネス整形層3を設け、さらに、n型AlGaInPクラッド層2中にラフネス整形層3を設けてもよ

い。この場合、ラフネス整形層3が2層設けられることにより、MQW活性層5の表面ラフネスをより低減することが可能である。

【0051】また、上述の一実施形態において、ラフネス整形層3は、活性層5からの光にとって光導波層と同程度の屈折率を有するため、光の導波モードに関して悪影響のないように、n型AlGaInP光導波層4またはp型AlGaInP光導波層6の厚さを設計して補償を行うようにしてもよい。

【0052】また、上述の一実施形態においては、この発明をSCH構造の半導体レーザに適用した場合について説明したが、この発明は、DH(Double Heterostructure)構造の半導体レーザに適用してもよい。この場合、ラフネス整形層は、半導体基板と活性層との間のクラッド層中に設けられる。

【0053】また、上述の一実施形態においては、この発明をAlGaInP系の半導体レーザに適用した場合について説明したが、この発明は、AlGaAs系の半導体レーザ、II-V族化合物半導体を用いた半導体レーザ、窒化物系II-III-V族化合物半導体を用いた半導体レーザに適用することも可能である。

【0054】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、半導体基板と活性層との間にラフネス整形層が設けられているので、このラフネス整形層の表面ラフネス整形効果により、活性層の表面ラフネスを低減することができる。これにより、量子井戸層の厚さの均一性の向上を図ることができ、特性の良好な半導体レーザを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の一実施形態によるAlGaInP系半導体レーザを示す断面図である。

【図2】 この発明の一実施形態によるAlGaInP系半導体レーザのラフネス整形層を示す断面図である。

【図3】 この発明の一実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための断面図である。

【図4】 この発明の一実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための断面図である。

【図6】 この発明の一実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための断面図である。

【図6】 従来のAlGaInP系半導体レーザを示す断面図である。

【図7】 従来のAlGaInP系半導体レーザのTEM観察による像を模式的に示す略線図である。

【符号の説明】

1・・・n型GaAs基板、2・・・n型AlGaInPクラッド層、3・・・ラフネス整形層、3a・・・n



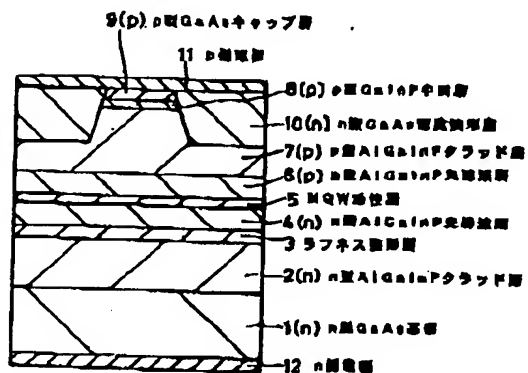
(7)

特開平10-284794

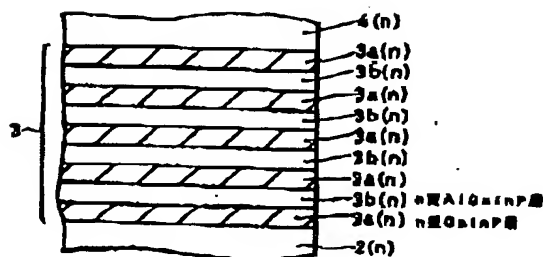
型GaInP層、3b...n型AlGaInP層、4...n型AlGaInP光導波層、5...MQW活性層、6...p型AlGaInP光導波層、7...p型AlGaInPクラッド層、8...p型GaIn

P中間層、9...p型GaAsキャップ層、10...n型GaAs電流狭窄層、11...p側電極、12...n側電極

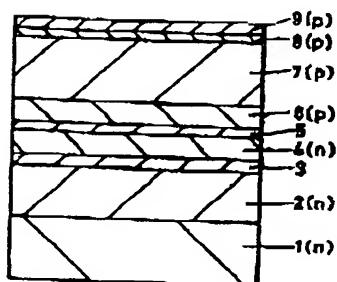
【図1】



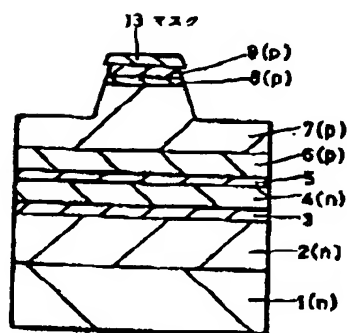
【図2】



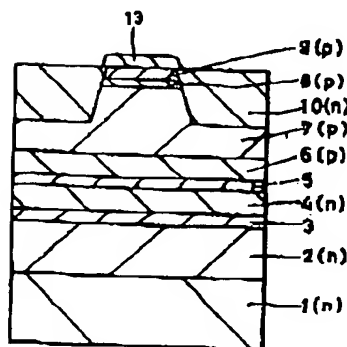
【図3】



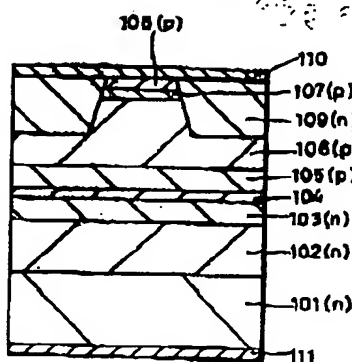
【図4】



【図5】



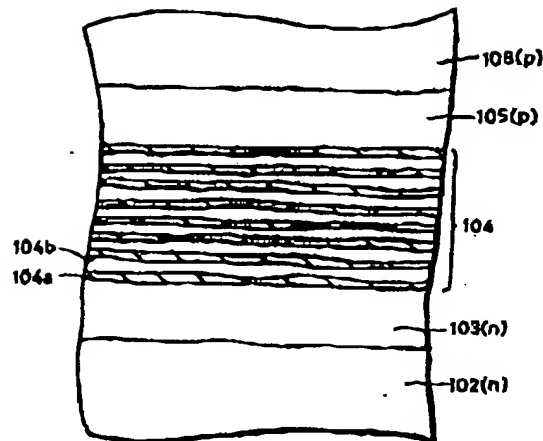
【図6】



(8)

特開平10-284794

【図7】



【手続補正書】

【提出日】平成9年5月16日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図面の簡単な説明

【補正方法】変更

【補正内容】

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の一実施形態によるAlGaInP系半導体レーザを示す断面図である。

【図2】 この発明の一実施形態によるAlGaInP系半導体レーザのラフネス整形層を示す断面図である。

【図3】 この発明の一実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための断面図である。

【図4】 この発明の一実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための断面図である。

【図5】 この発明の一実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための断面図である。

【図6】 従来のAlGaInP系半導体レーザを示す断面図である。

【図7】 従来のAlGaInP系半導体レーザのTEM観察による像を模式的に示す略線図である。

【符号の説明】

1・・・n型GaAs基板、2・・・n型AlGaInPクラッド層、3・・・ラフネス整形層、3a・・・n型GaInP層、3b・・・n型AlGaInP層、4・・・n型AlGaInP光導波層、5・・・MOW活性層、6・・・p型AlGaInP光導波層、7・・・p型AlGaInPクラッド層、8・・・p型GaInP中間層、9・・・p型GaAsキャップ層、10・・・n型GaAs電流狭窄層、11・・・p側電極、12・・・n側電極